جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و سوم، پائیز ۱۳۹٦
صص ٤٥- ۲۱

DOI: 10.22067/geo.v6i3.57408

ارزیابی مخاطرات طبیعی آزادراه خرم‌آباد- پل زال با رویکرد پدافند غیرعامل

داریوش یاراحمدی[۱]- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
سیامک شرفی- استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٥/٤/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹٦/۲/۲۷

چکیده

آزادراه خرم‌آباد- پل زال به عنوان یکی از مهم‌ترین مسیرهای حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، با طول ۱۰٤ کیلومتر در استان لرستان واقع شده است. هدف از این تحقیق که از نوع تحقیقات کاربردی و روش آن تو صیفی- تحلیلی و میدانی می‌با شد، برر سی مخاطرات طبیعی آزادراه خرم‌آباد- پل زال با رویکرد پدافند غیرعامل است. در این مطالعه از ابزارهای فیزیکی و مفهومی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، GPS، فرم‌های برداشت اطلاعات میدانی و نرم‌افزارهایی مانند Arc GIS جهت تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری استفاده شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که رخداد خطر زمین‌لغزش و ریزش‌های فعال در مسیر مورد مطالعه مهم‌ترین تهدید برای مسیر و تأ سیسات احداث شده در طول مسیر بوده و مهم‌ترین عامل در رخداد آن‌ها، ویژگی‌های سنگ شنا سی است. بررسی و اولویت‌بندی آزادراه ازنظر مخاطرات ذکر شده حاکی از این است که ٤۲/٥ کیلومتر از مسیر در معرض زمین‌لغزش و ۲۳/۷ کیلومتر در معرض ریزش‌های خطرناک (فعال) قرار دارند؛ بنابراین مسیر آزادراه ازنظر مخاطرات طبیعی با رویکرد پدافند غیرعامل، دارای وضعیت مطلوبی نیست.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، ریزش، آزادراه، پدافند غیرعامل، خرم‌آباد- پل زال.

۱. مقدمه

امروزه شبکه‌های حمل‌ونقل به عنوان یکی از زیرساخت‌های اساسی هر کشوری مطرح بوده و از جنبه‌های گوناگون اقتصادی، اجتماعی و سیاسی حائز اهمیت هستند. در میان شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی)، اصولاً حمل‌ونقل جاده‌ای به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود به عنوان متداول‌ترین شیوه مطرح است (ممدوحی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲٦٤). راه‌ها از عناصر مهم تمدن نوین به شمار می‌آیند و زمینه‌های رشد و

---

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱٦۱٦٥٤۲۸۱ Email: d.yarahmadi@gmail.com

تو سعه اقت صادی و اجتماعی مناطق را فراهم می‌آورند (ریا ضی و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۳). سرمایه‌ای که برای احداث شـبکه راه‌ها در بسـترهای گوناگون جغرافیایی و سـازه‌های مورد نیاز آن و نیز حفظ و نگهداری و این سـازی آن‌ها صرف می‌شود، جزء سرمایه‌های ملی محسوب می‌گردد (فلاح تبار، ۱۳۷۹: ٤۷). این سرمایه‌ها باید با اطمینان کافی و انتخاب شده به مصرف برسند تا متضمن بقا و دوام منافع حیاتی باشند (حسنی و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۷).

یکی از اهداف مهمی که برای از پای در آوردن کشوری که مورد هجوم قرار می‌دهد، وارد کردن آسیب‌های جدی به شریان‌های حیاتی (محورهای موا صلاتی و حمل‌ونقل) آن کشور ا ست؛ بنابراین برای خنثی سازی این ترفند، باید راه‌های مقابله با آن را شناخت و به کار برد. پدافند غیرعامل به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در بسیاری از طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی و به عنوان یک از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در برابر تهدیدها مطرح گردیده اســت؛ به‌عبارت‌دیگر، پدافند غیرعامل مجموعه تدابیری اســت که به‌کارگیری آن‌ها در طراحی و ســاخت تأسـیســات و مجتمع‌های زیستی، توان دفاعی مجموعه را در زمان بحران حتی‌المقدور بدون نیاز به نیروی انسانی و به صورت خود به خود افزایش داده و پیامدهای بحران را کاهش می‌دهد (بوذری، ۱۳۸۸: ۲).

امروزه رویکرد پدافند یا دفاع غیرعامل برای امور مختلف ان سانی و طبیعی مورد برر سی قرار می‌گیرد و در واقع در برر سی همه م سائل، این رویکرد ارزیابی می شود (پاینده، ۱۳۸۳: ۲۵). ازجمله عوامل مؤثر در اتخاذ تدابیر کارآمد جهت پدافند غیرعامل، توجه به ویژگی‌های زمین‌شـناسـی مناطق مختلف در مکان‌یابی و مسـیریابی اسـت. بررسـی ا شکال متنوع زمین ساختی و طبقه‌بندی ساختمان‌ها بر دو نوع فعال و غیر فعال بر ا ساس عامل به وجود آورنده و پیشینه فعالیت آن‌ها در پدافند غیرعامل لازم و ضروری ا ست. مناطق فعال در زمین شنا سی شامل مناطقی می‌گردد که در طول چند هزار سال گذ شته تحت تأثیر تغییرات زمین ساختی قرار گرفته با شد (بوذری، ۱۳۸۸: ۳). این تغییرات نا شی از اعمال تنش‌هایی ا ست که نتیجه آن ظهور ا شکال و پدیده‌های متنوع ریخت زمین ساختی مانند زمین‌لغزش و ریزش ا ست. ناپایداری‌های دامنه‌ای (زمین‌لغزش و ریزش) از مخاطرات مهم طبیعی ه ستند که راه‌های ارتباطی را در مناطق کوه ستانی تهدید می‌کند (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۳). ناپایداری‌های دامنه‌ای ضمن م سدود شدن راه‌های ارتباطی، موجب حرکت و جا به جایی بخش‌هایی می‌گردد که تأسیسات و سازه‌ها بر روی آن ا ستقرار یافته‌اند. بدین ترتیب توجه به ویژگی‌های ژئوتکنیکی زمین در ایجاد زیرســاخت‌هایی مانند راه‌های ارتباطی و بررســی اشــکال و پدیده‌های زمین شناختی فعال به‌منظور مکان‌یابی و مسیریابی با ملاحظات پدافند غیر عامل به‌گونه‌ای که کم‌ترین خطر ناشی از حرکات زمین ساختی آن را تهدید نماید، کاملاً ضروری است.

آزادراه خرم‌آباد- پل زال به عنوان شاهراه موا صلاتی جنوب به شمال ک شور به‌ح ساب می‌آید، به‌طوری‌که بیشتر حجم کالاها از بنادر جنوبی به شــمال کشــور از این مســیر جابجا می‌شــوند. از طرف دیگر، این محور ارتباطی از منطقه‌ای کوهســتانی عبور کرده و در معرض مخاطرات طبیعی مانند زمین‌لغزش و ریزش قرار دارد که از نمونه این

مخاطرات می‌توان به رخداد زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌ها در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال در نتیجه بارش فروردین ۹۵ اشاره نمود که باعث مسدود شدن این مسیر برای حدود یک روز شد؛ بنابراین بررسی مخاطرات طبیعی آزادراه خرم‌آباد- پل زال با رویکرد پدافند غیر عامل ضروری است.

در زمینه پدافند غیرعامل مطالعات متعددی به‌ویژه در محیط‌های شهری انجام شده است، اما در رابطه با ارزیابی راه‌های ارتباطی برون‌شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل مطالعات اندکی انجام شده است. ازجمله مطالعات انجام شده با موضوع پدافند غیرعامل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

رجبی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی با رویکرد پدافند غیرعامل در استان اصفهان اشاره کرد. بیگدلو (۱۳۹۰) به بررسی نقش دفاع غیرعامل در قدرت نرم جمهوری اسلامی ایران پرداخته و نقش دفاع غیرعامل را به عنوان یک راهکار ضروری برای دفاع کشور در برابر تهدیدات بیرونی دانسته است. کرباسیان و فرهند (۱۳۹۱) یک الگو برای جانمایی و چیدمان داخلی یک بندر فرضی با ملاحظات پدافندغیرعامل را بررسی نموده‌اند. حسینی (۱۳۹۱) نقش شبکه‌های ارتباطی در توزیع کاربری‌ها با رویکرد پدافند غیر عامل در منطقه سه تهران را مورد بررسی قرار داده است. صفاری و اخدر (۱۳۹۱) به مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مسیر جاده سنندج- مریوان پرداختند.

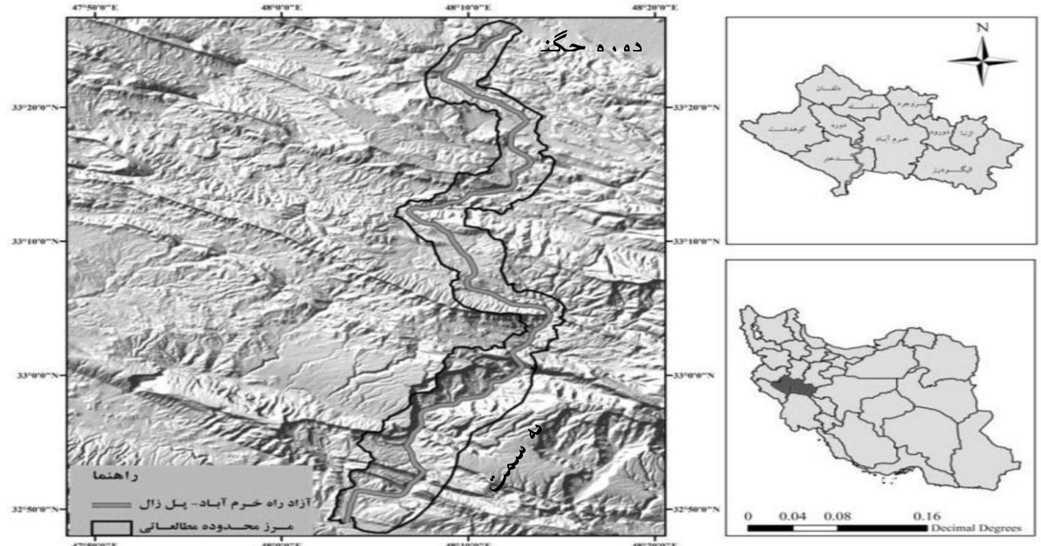
در زمینه ناپایداری‌های دامنه‌ای رخ داده در مسیر راه‌های ارتباطی مطالعات متعددی به روش‌های مختلف و در مناطق مختلف ایران و جهان انجام شده است. مدلل دوست و همکاران (۱۳۹۲) مدل سازی مسیر سنگ‌ریزش و پهنه‌بندی خطر آن در محیط GIS (مورد: محور هراز، دامنه امامزاده علی- آمل) را بررسی نمودند. برنافر و افرادی (۱۳۹۳) اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیر عامل را مطالعه نموده‌اند. دالزیل و نیکلسون[1] (۲۰۰۱) ریسک و اثرات مخاطرات طبیعی بر روی شبکه‌های ارتباطی در نیوزلند را بررسی نموده‌اند. ریچنباخ و همکاران[2] (۲۰۰۳) اثرات رخداد زمین‌لغزش بر شبکه حمل‌ونقل منطقه آمبریا در مرکز ایتالیا را بررسی نمودند. جایشوال و همکاران[3] (۲۰۱۰) به ارزیابی کمی احتمال خطر زمین‌لغزش به صورت مستقیم و غیرمستقیم در خطوط حمل‌ونقل جنوب هند پرداخته‌اند. کاراگیزوف[4] (۲۰۱۲) اثرات مخاطرات طبیعی بر سیستم‌های حمل‌ونقل کشور بلغارستان را بررسی نموده است. در محدوده مورد مطالعه نیز یمانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تعیین مرز پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی - فازی پرداخته‌اند.

1 Dalziell and Nicholson
2 Reichenbach et al
3 Jaiswal et al
4 Karagyozov

به‌طورکلی مطالعاتی که در پیشـینه تحقیق به آن‌ها اشـاره شـده، با دو هدف انجام شـده‌اند. یکی توجه به رویکرد پدافند غیرعامل در مکان‌یابی تأسـیسـات و بررسـی مراکز حیاتی و مهم شـهری از دیدگاه پدافند غیرعامل و دیگری پهنه‌بندی حرکات توده‌ای در حو ضه‌های آبخیز و مسیر جاده‌های ارتباطی. در صورتی‌که تحقیق حا ضر، در را ستای پاسخ دادن به این سؤال که آزادراه خرم‌آباد– پل زال ازنظر احتمال رخداد مخاطرات طبیعی با رویکرد پدافند غیرعامل در چه وضـعیتی قرار دارد، طراحی و تدوین گردیده و هدف از آن شـناسـایی و اولویت‌بندی درجه خطر مخاطرات طبیعی، طبقه‌بندی خطرپذیری مسیر و درنهایت ارزیابی مسیر از دیدگاه پدافند غیرعامل است.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، آزادراه خرم‌آباد – پل زال به عنوان بخشی از محور سراسری تهران– بندر امام است که طول آن حدود ۱۰٤ کیلومتر است. این مسیر در استان لرستان از محدوده شهرستان‌های دوره چگنی و پلدختر عبور نموده و وارد شـهرسـتان اندیمشـک در اسـتان خوزسـتان می‌شـود. ابتدای مسـیر از عرض جغرافیائی ′۲۵ °۳۳ و طول جغرافیایی ′۱۲ °٤۸ شرقی و انتهای مسیر نیز از عرض جغرافیایی ′٤۸ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۰۳ °٤۸ شرقی می‌گذرد (شکل ۳–۱). ارتفاع مسیر مورد نظر از نقطه شروع ۱۲۰۰ متر، نقطه میانی با ارتفاع ۲۳۱۵ و انتهای مسیر به ارتفاع حدود ۳۲۰ متری ختم می‌شود. به دلیل عبور مسیر از منطقه کوهستانی زاگرس تعداد ۲۹ تونل و ۱۵ پل بزرگ در دو سمت مسیر احداث شده است. مسیر مورد نظر، به دلیل ماهیت کوهستانی بودن، حفر ترانشه های متعدد با ارتفاع متغیر، سازندهای فرسایش پذیر و تنوع سنگ‌شناسی دارای مخاطراتی مانند زمین‌لغزش و ریزش است.



شکل ۱. مسیر آزادراه خرم‌آباد– پل زال در استان لرستان

۳. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضـر از نوع تحقیقات کاربردی و روش آن تحلیلی - میدانی اسـت. در این پژوهش، موضـوع مورد مطالعه به صورت سیستمی برر سی شده و اجزاء سیستم در ارتباط با همدیگر برر سی و تجزیه‌وتحلیل شده‌اند. گردآوری داده‌های پژوهش به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی بوده اسـت. در روش کتابخانه‌ای از منابع کتابخانه‌ای برای ارزیابی نظری و تدوین چارچوب نظری و پیشـینه تحقیق اسـتفاده شـده اسـت. در مطالعات میدانی که پایه و ا ساس این پژوهش را ت شکیل می‌دهد، ابتدا م سیر مورد مطالعه جهت شنا سایی مخاطرات طبیعی رخ داده و تهدید کننده م سیر مورد برر سی قرار گرفت و م شخص شد که ناپایداری‌های دامنه‌ای (زمین‌لغزش و ریزش) ا صلی‌ترین مخاطرات م سیر آزادراه می‌با شند. سپس نقاط در معرض خطر و یا نقاطی که مخاطره‌ای در آن‌ها رخ داده ا ست، با اسـتفاده از GPS برداشـت شـدند. سـایر اطلاعات کمی و کیفی نقاط مخاطره‌آمیز نیز در مطالعات میدانی جمع‌آوری شـدند. از ابزارهای فیزیکی مانند نقشـه‌های زمین‌شـناسـی ۱:۱۰۰۰۰۰ سـازمان زمین‌شـناسـی کشـور، نقشـه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سـازمان نقشـه‌برداری، مدل رقومی ارتفاعی منطقه با قدرت تفکیک ۳۰ متر، تصـاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و ETM و تصاویر گوگل ارث و ابزار مفهومی مانند نرم‌افزارهای Arc GIS، ENVI، Google Earth و نرم‌افزارهای م شابه برای ت شکیل بانک داده، کار با ت صاویر ماهواره‌ای، تحلیل‌های مکانی و تر سیم نق شه‌ها استفاده شده است.

پس از برداشت داده‌های میدانی در قالب فرم‌های تهیه شده و ورود آن‌ها به محیط نرم‌افزار اکسل، داده‌ها به محیط نرم‌افزار Arc GIS وارد شده و به صورت یک بانک اطلاعاتی درآمدند. پس از تهیه اطلاعات‌پایه، اولویت‌بندی خطر مسیر آزادراه و هم‌چنین اولویت‌بندی نقاط مخاطره‌آمیز شناسایی شده در مطالعات میدانی با استفاده ازنظر متخصصین علوم زمین و روش دلفی انجام گرفت. در پایان با تقسـیم‌بندی مسـیر به بخش‌های با درجه مختلف خطر، به تحلیل مخاطرات پرداخته و بر اسـاس مطالعات میدانی راهکارها و پیشـنهادهایی در زمینه مخاطرات طبیعی مسـیر آزادراه با رویکرد پدافند غیرعامل ارائه شد.

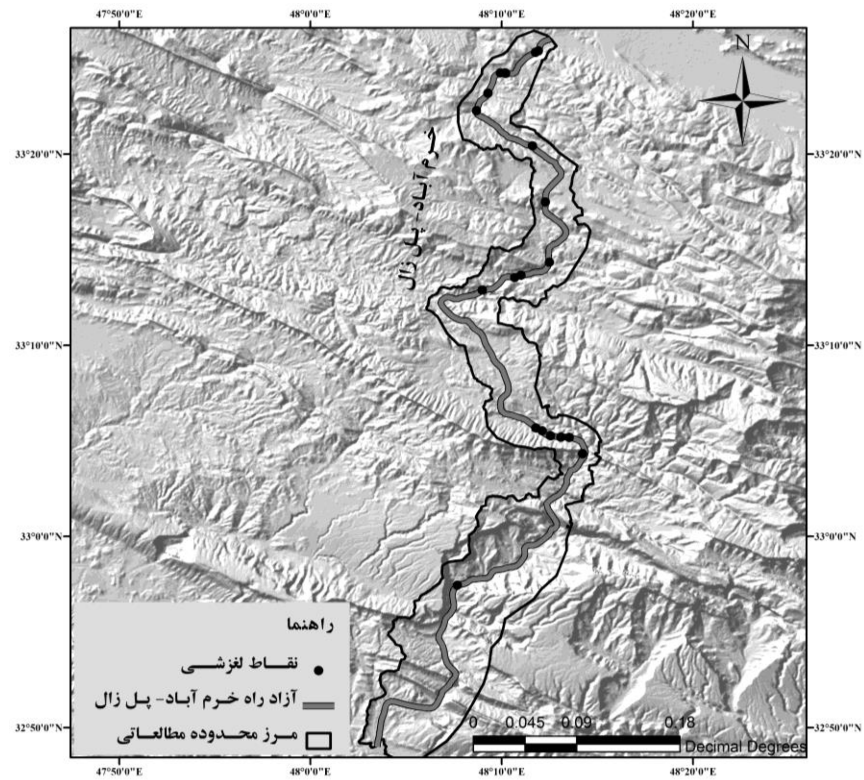
٤. بحث و نتایج

با توجه به اینکه مهم‌ترین مخاطرات طبیعی تهدید کننده مسـیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال، ناپایداری‌های دامنه‌ای (زمین‌لغزش و ریزش) می‌باشند، بنابراین هر یک به صورت جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

- شناسایی پهنه‌های لغزشی مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

ازآنجاکه در بررسی جاده‌های ارتباطی با رویکرد پدافند غیرعامل باید مخاطرات تهدید کننده مسیر جاده شناسایی و برداشـت شـوند، بنابراین نمی‌توان با اسـتفاده از مدل‌سـازی و به عبارتی شـناسـایی فاکتورهای مؤثر در رخداد مخاطرات، تهیه نقشه آن‌ها، بررسی درجه اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر و درنهایت شناسایی پهنه‌های خطر، اقدام به

تصمیم‌گیری و ارائه راهکار در این مورد نمود؛ زیرا خطای کاربر، داده‌ها و مدل‌های مورد استفاده به علاوه اعمال نظر و سلیقه در وزن دهی به فاکتورها باعث می شود که نقشه نهایی تولید شده با آنچه در واقعیت وجود دارد، هم‌خوانی لازم را نداشته باشد. به همین دلیل اولین اقدام در بررسی جاده‌های ارتباطی از دیدگاه پدافند غیرعامل، شناسایی مناطقی است که به عنوان خطر تلقی شده و تهدید کننده مسیر جاده می‌باشند. بررسی مسیر جاده و محیط اطراف آن حاکی از رخداد حرکات توده‌ای زمین‌لغزش و ریزش در مسیر مورد مطالعه است. بر اساس مطالعات میدانی، ۲۱ پهنه لغزشی بزرگ که فعال بوده و تهدید کننده مسیر جاده می‌باشند، شناسایی شده است که موقعیت و ویژگی‌های آن‌ها در شکل ۲ و جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۲. موقعیت پهنه‌های لغزشی فعال در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

جدول ۱. ویژگی‌های زمین‌لغزش‌های شناسایی شده و مخاطره‌آمیز مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

ردیف	ارتفاع از سطح دریا	نوع فعالیت	جهت حرکت	مصالح لغزشی	عناصر مورد تهدید	سازند زمین‌شناسی	درجه مقاومت	عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش
۱	۱۲۱۷	فعال	شمالی	خاک با سنگ‌های جزئی	جاده	کنگلومرای مقاوم و ماسه	نیمه مقاوم	سازند، شیب و حفر ترانشه
۲	۱۲۱۳	فعال	شمالی	خاک	جاده	سنگ کنگلومرا و گریتستون	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه و شیب
۳	۱۲۹۳	فعال	شمالی	خاک	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۴	۱۲۹۲	فعال	غربی	خاک	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	سازند، شیب
۵	۱۳۴۶	فعال	جنوبی	خاک و سنگ	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند، شیب
۶	۱۳۴۶	فعال	جنوبی	خاک	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند، شیب
۷	۱۴۳۵	فعال	شمالی	خاک و سنگریزه	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند
۸	۱۶۲۳	فعال	شمالی	خاک و سنگ	جاده	آبرفت جوان	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند، شیب
۹	۱۷۴۴	فعال	شرقی	خاک و سنگ	جاده	شیل، ماسه سنگ وکنگلومرا	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند، شیب
۱۰	۱۴۴۸	فعال	شرقی	خاک و سنگ	جاده	آبرفت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه، آب‌های نفوذی
۱۱	۱۴۶۳	فعال	جنوبی	خاک و سنگ	جاده	آبرفت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه و شیب
۱۲	۱۴۳۶	فعال	جنوبی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه و شیب

ادامه جدول ۱

ردیف	ارتفاع از سطح دریا	نوع فعالیت	جهت حرکت	مصالح لغزشی	عناصر مورد تهدید	سازند زمین‌شناسی	درجه مقاومت	عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش
۱۳	۱۳۲۱	فعال	شمالی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه و شیب
۱۴	۱۳۶۲	فعال	شمالی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۱۵	۱۳۶۸	فعال	شمالی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۱۶	۱۳۵۱	فعال	شمالی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۱۷	۱۳۲۱	فعال	شمالی	خاک	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۱۸	۱۳۰۰	فعال	جنوبی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	مقاومت ضعیف	سازند، حفر ترانشه
۱۹	۱۲۰۲	فعال	شرقی	خاک و سنگ	جاده	تناوب آهک، شیل و انیدریت	نیمه مقاوم	حفر ترانشه، سازند
۲۰	۶۶۸	فعال	جنوبی	خاک و سنگ	جاده	کنگلومرای چرت دار، سیلتستون	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند
۲۱	۱۳۰۲	فعال	شمالی	خاک	جاده	سیلتستو ن ماسه سنگ کنگلومرا همراه با آهک‌های صدف دار	مقاومت ضعیف	حفر ترانشه، سازند

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می شود بیشتر زمین‌لغزش‌های فعال در جهت شمالی، در سازندهای آهکی با مقاومت ضعیف رخ داده‌اند. هم چنین نوع سازند زمین شنا سی، حفر ترانشه و شیب مهم‌ترین عامل در رخداد این زمین‌لغزش‌ها بوده است.

برر سی موقعیت زمین‌لغزش‌های فعال در مسیر مورد مطالعه حاکی از این ا ست که مسیر آزادراه را ازنظر رخداد زمین‌لغزش‌های فعال می‌توان به دو بخش تقسیم نمود. بخش اول از کیلومتر ۱/۵ مسیر تا کیلومتر ۳٦ که در معرض رخداد زمین‌لغزش‌های نسبتاً بزرگی می‌باشد (شکل ۳)؛ اما بخش دوم شامل زمین‌لغزش‌های حجیمی هستند در حال حرکت به سمت مسیر جاده هستند. این بخش از کیلومتر ٥٦ تا کیلومتر ٦۲ مسیر را شامل شده و از خطرناک‌ترین بخش‌های مسیر ازنظر خطر زمین‌لغزش می‌باشد (شکل ٤). مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که در بخش دوم مسیر، ایجاد ترانشه های پلکانی و دیوارهای حائل ساخته شده در بالادست توده‌های لغزشی و کنار جاده، در مدت زمان کوتاهی کار آیی خود را از دست داده‌اند. به‌طوری‌که پشت اکثر دیواره‌های حائل اطراف جاده توسط رسوبات لغزشی پر شده و در برخی موارد باعث شکستگی دیواره‌های حائل نیز شده است. در سایر بخش‌های مسیر یا زمین‌لغزش رخ نداده و یا اینکه پهنه‌های لغزشی حجم زیادی ندارند که به عنوان تهدیدی برای آزادراه تلقی شوند.



شکل ۳. زمین‌لغزش فعال و بزرگ بخش اول در کیلومتر ۱٦ مسیر که توسط دیوار حائل احاطه شده است.



شکل ٤. زمین‌لغزش فعال در بخش دوم مسیر در کیلومتر ۵۷ مسیر پل زال- خرم‌آباد که پس از پر کردن پشت دیوار حائل، از دیوار نیز عبور نموده و توسط بلوک‌های سیمانی مهار شده است.

بر اساس اطلاعات جدول ۱، ۲۱ زمین‌لغزش شناسایی شده فعال بوده و تهدیدی جدی برای مسیر جاده می‌باشند، به‌طوری‌که تیم‌های عملیاتی در حال حاضر بر روی برخی از پهنه‌های لغزشی مشغول ایجاد ترانشه های پلکانی برای پایدارسازی دامنه مسلط به جاده هستند.

اولویت‌بندی پهنه‌های لغزشی بر اساس درجه خطر

بر اساس مطالعات میدانی، بر اساس فاکتورهایی مانند فاصله پهنه لغزشی از جاده، حجم توده‌های لغزشی، وجود دیوارهای حائل در جلو پهنه لغزشی، ترانشه های پلکانی بالادست پهنه لغزشی، جنس رسوبات و آبدار بودن رسوبات لغزش یافته می‌توان ۲۱ زمین‌لغزش فعال را نیز ازنظر شدت خطر اولویت‌بندی نمود (جدول ۲). لازم به ذکر است که از روش نمونه گیری غیر احتمالی، روش دلفی و نظرات ۵ متخصص علوم زمین که در مطالعات میدانی حضور داشته‌اند، جهت امتیازدهی به عوامل مؤثر و اولویت‌بندی میزان خطر زمین‌لغزش‌ها استفاده شده است.

جدول ۲. اولویت‌بندی درجه خطرپذیری زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

ردیف	فاصله از جاده (متر)[۱]	حجم توده لغزشی[۲]	دیوار حائل[۳]	وجود ترانشه پلکانی[٤]	آبدار بودن رسوبات[۵]	جمع امتیاز	اولویت‌بندی خطر[٦]
۱	۲	۳	۱	۲	۱	۹	٤
۲	۱	۱	۱	۱	۱	۵	۲
۳	۲	۲	۲	۱	۱	۸	۳
٤	۲	۲	۲	۱	۱	۸	۳
۵	۲	۲	۲	۱	۲	۹	٤
٦	۱	۱	۱	۲	۱	٦	۲
۷	۱	۲	۱	۲	۱	۷	۲
۸	۲	۳	۲	۱	۲	۱۰	٤
۹	۲	۲	۲	۲	۲	۱۰	٤
۱۰	۲	۳	۲	۱	۲	۱۰	٤
۱۱	۲	۱	۱	۱	۲	۷	۲
۱۲	۲	۳	۲	۲	۱	۱۰	٤
۱۳	۲	۳	۲	۱	۲	۱۰	٤
۱٤	۲	۳	۲	۱	۲	۱۰	٤
۱۵	۲	۳	۲	۲	۱	۱۰	٤
۱٦	۲	۱	۱	۱	۱	٦	۲
۱۷	۲	۳	۱	۱	۲	۹	٤
۱۸	۲	۲	۱	۱	۲	۸	۳
۱۹	۲	۱	۱	۱	۲	۷	۲
۲۰	۲	۳	۲	۱	۱	۹	٤
۲۱	۱	۲	۱	۱	۱	٦	۲

لازم به ذکر است که نزدیک‌ترین پهنه لغزشی به گسل در فاصله ٥۳٦ متری از آن قرار دارد. سایر پهنه‌ها در فاصله بیش از ۲ کیلومتر قرار داشته و به همین دلیل در اولویت‌بندی درجه خطر در نظر گرفته نشده است.

اولویت‌بندی درجه خطرپذیری زمین‌لغزش‌ها بر اساس فاکتورهای در نظر گرفته شده بیانگر این است که ۱۱ زمین‌لغزش دارای بالاترین میزان خطرپذیری، ۳ زمین‌لغزش دارای خطر زیاد و ۷ زمین‌لغزش دارای خطر متوسط می‌باشند (جدول ۲). این زمین‌لغزش‌ها عمدتاً در بخش اول مسیر از کیلومتر ۱٦ تا ۳٦ و بخش دوم در کیلومتر ٥۷ تا ٦۰ دیده می‌شوند (شکل ٥). اگر چه سایر زمین‌لغزش‌ها نیز به عنوان بحران تلقی می‌شوند (۸ زمین‌لغزش دیگر)، اما در صورت اقداماتی جهت پایدارسازی زمین‌لغزش‌ها، بهتر است ابتدا اقدامات لازم بر روی این زمین‌لغزش‌ها صورت

۱ (۱- بیشتر از ۲ متر ۲- کمتر از ۲ متر)
۲ (۱- کوچک ۲- متوسط ۳- بزرگ)
۳ (۱- ندارد ۲- دارد)
٤ (۱- ندارد ۲- دارد)
٥ (۱- ندارد ۲- دارد)
٦ (۱- کم، ۲- متوسط، ۳- زیاد، ٤- خیلی زیاد)

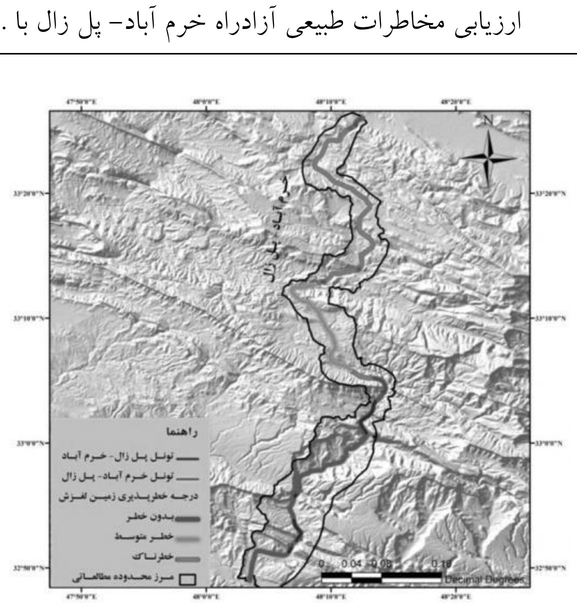
گیرد. لازم به ذکر اســت که فاصــله از جاده و حجم توده لغزشــی به عنوان مهم‌ترین فاکتورها در اولویت‌بندی خطر زمین‌لغزش‌ها در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۵. رتبه‌بندی درجه خطر زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

طبقه‌بندی مسیر آزادراه ازنظر خطر زمین‌لغزش

جهت طبقه‌بندی مسیر آزادراه ازنظر خطر زمین‌لغزش، علاوه بر استفاده از ویژگی‌های پهنه‌های لغزشی، با توجه به عرض پهنه‌های لغزشی و فاصله از جاده که در مطالعات میدانی اندازه گیری شده بود، یک حریم ۳۰ متری در نظر گرفته شد. بر این اساس، مسیر مورد مطالعه ازنظر درجه خطرپذیری ناشی از زمین‌لغزش‌های فعال به چند بازه که در یکی از ۳ طبقه بدون خطر، خطر متوسط و خطرناک قرار می‌گیرند، تقسیم شد (شکل ٦). بر اساس درجه خطرپذیری ناشی از زمین‌لغزش، طول مسیر ۱۰٤ کیلومتری آزادراه به ٥ بخش تقسیم شده است. بخش اول با طول ۱/٥ کیلومتر در محدوده بدون خطر، بخش دوم با طول ۳٦ کیلومتر در محدوده خطرناک، بخش ســوم با طول ۱۹ کیلومتر در محدوده با خطر جزئی تا متوســط، بخش چهارم با طول ٦/٥ کیلومتر در محدوده خطرناک و بخش پنجم با طول ٤۱ کیلومتر در محدوده بدون خطر واقع شــده‌اند؛ بنابراین ٤۲/٥ کیلومتر از مســیر آزادراه در محدوده خطرناک، ٤۲/٥ کیلومتر در محدوده بدون خطر و ۱۹ کیلومتر در محدوده با خطر جزئی تا متوســط ازنظر خطر زمین‌لغزش واقع شده‌اند. لازم به ذکر است که در محدوده‌های بدون خطر ازنظر زمین‌لغزش، ممکن است خطر ریزش وجود داشته باشد که در بخش بررسی خطر ریزش به آن پرداخته شده است.



شکل ٦. درجه خطرپذیری مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال ازنظر خطر زمین‌لغزش‌های تهدید کننده مسیر جاده

شناسایی سطوح ریزشی مسیر آزادراه خرم‌آباد-پل زال

در محدوده مورد بررسی که واحدهای زمین‌شناسی آن شامل آهک به صورت ضخیم لایه و توده‌ای با پرتگاه‌های بلند، شیل، مارن، کنگلومرا و آبرفت‌های کواترنر است، ریزش‌های گسترده به فراوانی دیده می‌شوند. در مطالعات میدانی، موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های ۳۰ سطح ریزشی فعال برداشت شد که موقعیت آن‌ها در شکل ۷ و ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۳ آورده شده است.



شکل ۷. سطوح ریزشی شناسایی شده و مخاطره‌آمیز مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

جدول ۳. ویژگی سطوح ریزشی شناسایی شده و مخاطره‌آمیز مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

ردیف	ارتفاع از سطح دریا	نوع بستر	نوع حرکت سنگ	طول ریزش	ارتفاع ریزش نسبت به جاده	حداقل فاصله از جاده	حداکثر فاصله از جاده	متوسط فاصله از جاده	واحد سنگ‌شناسی	جهت حرکت
۱	۱۲۹۱	دامنه سنگی هوا زده	پرتابی	۱۰۰	۲۰	۳	۵	۴	تناوب آهک، شیل و انیدریت	شمالی
۲	۱۴۳۵	دامنه سنگی با خاک	غلتیدن	۱۰۰	۳۰	۳	۵	۴	آبرفت جوان	شمالی
۳	۱۵۷۶	دامنه سنگی هوا زده	پرتابی	۳۰۰	۱۹	۳	۷	۵	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۴	۱۵۸۲	دامنه سنگی هوا زده	پرتابی	۳۵۰	۲۹	۰	۵	۵/۲	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	غربی
۵	۱۶۰۳	دامنه سنگی هوا زده با خاک	غلتیدن	۳۰۰	۲۰	۰	۳	۵/۱	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۶	۱۶۱۵	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۴۰۰	۳۰	۰	۲	۱	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	غربی
۷	۱۶۴۶	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۵۰۰	۲۱	۳	۵	۴	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۸	۱۶۶۱	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۲۰۰	۲۰	۲	۵	۵/۳	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۹	۱۶۶۳	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۲۰۰	۲۱	۲	۷	۵/۴	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی

ادامه جدول ۳

ردیف	ارتفاع از سطح دریا	نوع بستر	نوع حرکت سنگ	طول ریزش	ارتفاع ریزش نسبت به جاده	حداقل فاصله از جاده	حداکثر فاصله از جاده	متوسط فاصله از جاده	واحد سنگ‌شناسی	جهت حرکت
۱۱	۱۷۰۰	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۲۰۰	۹	۰	۴	۲	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۱۲	۱۷۳۲	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۱۵۰	۱۰	۱	۳	۲	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شرقی
۱۳	۱۷۶۰	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۲۰۰	۳۰	۱	۳	۲	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	شمالی
۱۴	۱۷۵۲	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۱۰۰	۱۴	۳	۸	۵/۵	آبرفت	شمالی
۱۵	۱۶۵۷	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۳۰۰	۱۵	۲	۵	۵/۳	شیل- ماسه سنگ و کنگلومرا	جنوبی
۱۶	۱۴۸۸	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۵۰۰	۳۰	۰	۳	۵/۱	آبرفت	شرقی
۱۷	۱۵۰۴	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۱۰۰	۶۱	۱	۵	۳	شیل، آهک دولومیتی با مارن بصورت میان لایه	شرقی
۱۸	۱۴۲۳	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۱۵۰	۲۰	۲	۵	۵/۳	تناوب آهک، شیل و انیدریت	جنوبی
۱۹	۱۴۱۲	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۱۰۰	۲۹	۲	۵	۵/۳	تناوب آهک، شیل و انیدریت	جنوبی
۲۰	۱۳۹۸	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۱۰۰	۳۱	۴	۷	۵/۵	تناوب آهک، شیل و انیدریت	شرقی
۲۱	۱۳۸۷	**دامنه سنگی هوازده**	**پرتابی**	۲۰۰	۳۰	۱	۳	۲	**تناوب آهک، شیل و انیدریت**	**شرقی**
۲۲	۱۳۶۳	**دامنه سنگی هوازده با خاک**	**غلتیدن**	۱۰۰	۳۰	۱	۳	۲	**تناوب آهک، شیل و انیدریت**	**جنوبی**

ادامه جدول ۳

ردیف	ارتفاع از سطح دریا	نوع بستر	نوع حرکت سنگ	طول ریزش	ارتفاع ریزش نسبت به جاده	حداقل فاصله از جاده	حداکثر فاصله از جاده	متوسط فاصله از جاده	واحد سنگ‌شناسی	جهت حرکت
۲۳	۱۳۲۱	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۷۰۰	۴۱	۰	۲	۱	تناوب آهک، شیل و انیدریت	شمالی
۲۴	۱۳۰۳	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۱۰۰۰	۲۹	۰	۱	۵/۰	تناوب آهک، شیل و انیدریت	شمالی
۲۵	۱۲۹۷	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۷۰۰	۳۰	۰	۰	۰	تناوب آهک، شیل و انیدریت	شمالی
۲۶	۱۱۷۰	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۶۰	۴۰	۱	۲	۵/۱	آهک تیره رنگ	جنوبی
۲۷	۱۱۳۳	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۴۲۰	۲۸	۰	۰	۰	سیلتستو ن، ماسه سنگ، کنگلومرا همراه با آهک‌های صدف دار	شرقی
۲۸	۷۸۰	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۳۰۰	۲۵	۱	۴	۵/۲	آبرفت	غربی
۲۹	۶۱۸	دامنه سنگی هوازده با خاک	غلتیدن	۳۰۰	۲۰۰	۰	۰	۰	آبرفت	غربی
۳۰	۵۲۷	دامنه سنگی هوازده	پرتابی	۱۰۰	۶۰	۰	۰	۰	دولومیت و آهک دولومیتی سفید رنگ	شرقی

بر اساس جدول ۳، بیشترین تعداد ریزش‌ها در دامنه‌های با بستر سنگی هوازده مخلوط با خاک در جهت شمالی و عمدتاً در سازندهای آهکی همراه با ترکیبی از سنگ‌های دیگر رخ داده‌اند. در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال سطوح ریزشی شناسایی شده را می‌توان در دو بخش که دارای فراوانی بالایی می‌باشند، مشاهده نمود. این سطوح ریزشی از خرده سنگ‌ها تا تخته سنگ‌های بزرگی را شامل می‌شوند. بخش اول از کیلومتر ۱۳ تا کیلومتر ۲۰ که ۱۲ نقطه ریزشی را شامل می شود. در این بخش ریزش‌های سنگی که عمدتاً شامل تخته سنگ‌های بزرگ می‌با شند، دیده می شود (شکل ۸). بخش دوم از کیلومتر ۲۳ تا کیلومتر ۳۹ را در بر می‌گیرد و شامل ۱۲ نقطه ریزشی است. در سایر قسمت‌های مسیر آزادراه در برخی نقاط به صورت پراکنده ریزش‌های سنگی مشاهده می‌شود. بر روی برخی از این سطوح ریزشی سازه‌هایی مانند تیرها و دکل‌های برق وجود دارند که تهدیدی بسیار جدی در طول مسیر تلقی می‌شوند.



شکل۸. ریزش توده‌های سنگی در کیلومتر ۱۳ مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال در دو سمت جاده

برخی از ریزش‌ها توسط دیوارهای حائل و یا بلوک‌های سیمانی کنترل شده‌اند؛ اما با وجود سطوح ریزشی فعال و پر شدن پشت دیواره‌های حائل در طول مسیر به نظر می‌رسد این راهکارها در کوتاه مدت می‌توانند کنترل کننده سنگ‌های ریزشی باشند (۹). هم چنین برخی از دیواره‌های حائل توسط سنگ‌های ریزشی بزرگ در طول مسیر تخریب شده‌اند (شکل ۱۰).



شکل ۹. پر شدن پشت دیواره‌های حائل و بلوک‌های سیمانی توسط سنگ‌های ریزشی در کیلومتر ۸٤ آزادراه



شکل ۱۰. تخریب دیوارهای حائل اطراف جاده توسط تخته سنگ‌های ریزشی در کیلومتر۸٤

اولویت‌بندی سطوح ریزشی بر اساس درجه خطر

بر اساس اطلاعات جدول ۳ و هم چنین اطلاعات به دست آمده از مشاهدات میدانی، اولویت‌بندی ریزش‌ها انجام گردید (جدول ٤). روش کار بدین صورت است که ابتدا فاکتورهایی مانند ارتفاع ریزش نسبت به سطح جاده، طول ریزش، حداقل فا صله تا جاده، حداکثر فا صله تا جاده، زاویه شیب، واحد سنگ شنا سی، تراکم لرزه خیزی و فاصله از گسل با توجه به تأثیراتی که در رخداد ریزش‌ها دارند، در دو دسته جهت امتیازدهی طبقه‌بندی گردید. سپس جهت کمی سازی مقدار همه فاکتورها، به د سته با تأثیر کم عدد ۱ و به د سته با تأثیر زیاد در رخداد ریزش‌ها عدد ۲ داده شد. بدین صورت امکان به دست آوردن تأثیر هر دسته در رخداد ریزش‌ها مشخص شد. پس از امتیازدهی به هر یک از فاکتورها، نهایت مجموع امتیاز همه فاکتورها برای هر نقطه ریزشی به دست آمد. در پایان با توجه به اینکه همه ریزش‌های شناسایی شده در طول مسیر آزادراه به عنوان خطر تلقی می شوند، بنابراین ریزش‌ها در سه طبقه با خطر خیلی زیاد، خطر زیاد و خطر متوسط تقسیم شدند.

جدول ٤. اولویت‌بندی درجه خطرپذیری ریزش‌های شناسایی شده در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

ردیف	نوع حرکت سنگ[1]	طول ریزش[2]	ارتفاع ریزش[3]	حداقل فاصله از جاده[4]	حداکثر فاصله از جاده[5]	زاویه شیب (درجه)[6]	واحد سنگ‌شناسی[7]	تراکم لرزه خیزی[8]	جمع امتیاز	اولویت‌بندی خطر[9]
۱	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱۲	۲
۲	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰	۲
۳	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱۱	۲
٤	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۱	۱۳	۳
٥	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۳
٦	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۳
۷	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۱۳	۳
۸	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱۳	۳
۹	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱٤	۳
۱۰	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱٤	۳

۱ (۱- غلتیدن ۲- پرتابی)
۲ (۱- کمتر از ۱۰۰ متر ۲- بیشتر از ۱۰۰ متر)
۳ (۱- کمتر از ۲۰ متر ۲- بیشتر از ۲۰ متر)
٤ (۱- بیشتر از ۳ متر ۲- کمتر از ۳ متر)
٥ (۱- بیشتر از ٥ متر ۲- کمتر از ٥ متر)
٦ (۱- کمتر از ۲٥ درجه ۲- بیشتر از ۲٥ درجه)
۷ (۱- ماسه سنگ و کنگلومرا، سیلستون ۲- آهک، دولومیت، شیل و مارن، گچ، آبرفت)
۸ (۱- تراکم کمتر از ۰/۰۰٥ ۲- تراکم بیشتر از ۰/۰۰٥)
۹ (۱- کم، ۲- متوسط، ۳- زیاد، ٤- خیلی زیاد)

ادامه جدول ٤

ردیف	نوع حرکت سنگ[1]	طول ریزش[2]	ارتفاع ریزش[3]	حداقل فاصله از جاده[4]	حداکثر فاصله از جاده[5]	زاویه شیب (درجه)[6]	واحد سنگ‌شناسی[7]	تراکم لرزه خیزی[8]	جمع امتیاز	اولویت‌بندی خطر[9]
۱۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۱۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱۳	۳
۱۳	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
١٤	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱۱	۲
١٥	۲	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۳
١٦	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۱۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	١٦	٤
۱۸	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٥	٤
۱۹	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۲۰	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۱۲	۲
۲۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	١٦	٤
۲۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	١٥	٤
۲۳	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۲٤	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۳
۲٥	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۳
۲٦	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۲
۲۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	١٥	٤
۲۸	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۲۹	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	١٤	۳
۳۰	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	١٥	٤

لازم به ذکر است که بر اساس فاصله نقاط از گسل، فقط نقطه ۲۹ در فاصله ٤٤٠ متری از گسل قرار داشته و سایر نقاط در فاصله بیش از ۲ کیلومتری گسل‌های فرعی و اصلی قرار دارند. به همین دلیل فاصله نقاط از گسل جهت اولویت‌بندی درجه خطرپذیری در نظر گرفته نشده است.

۱ (۱- غلتیدن ۲- پرتابی)
۲ (۱- کمتر از ۱۰۰ متر ۲- بیشتر از ۱۰۰ متر)
۳ (۱- کمتر از ۲۰ متر ۲- بیشتر از ۲۰ متر)
٤ (۱- بیشتر از ۳ متر ۲- کمتر از ۳ متر)
٥ (۱- بیشتر از ٥ متر ۲- کمتر از ٥ متر)
٦ (۱- کمتر از ۲٥ درجه ۲- بیشتر از ۲٥ درجه)
۷ (۱- ماسه سنگ و کنگلومرا، سیلستون ۲- آهک، دولومیت، شیل و مارن، گچ، آبرفت)
۸ (۱- تراکم کمتر از ۰/۰۰٥ ۲- تراکم بیشتر از ۰/۰۰٥)
۹ (۱- کم، ۲- متوسط، ۳- زیاد، ٤- خیلی زیاد)

بر ا ساس جدول ٤، از ۳۰ نقطه ریز شی شنا سایی شده ناپایدار و مخاطره‌آمیز م سیر جاده، ٦ نقطه دارای خطر خیلی زیاد، ۱۸ نقطه دارای خطر زیاد و ٦ نقطه دارای خطر متو سط می‌با شند. همان طور که در شکل ۱۱ ن شان داده شده ا ست از ٦ نقطه ریز شی با خطر خیلی زیاد، ٤ نقطه در بخش اول م سیر از کیلومتر ۳۰ تا کیلومتر۳٦ و ۲ ریزش دیگر در بخش دوم مسـیر و در کیلومتر ٦۳ و ۹۳ قرار دارند. ریزش‌های با خطر زیاد در بخش اول مسـیر از کیلومتر ۱۳ تا ۱۹/۵ و در بخش دوم مسـیر از کیلومتر ۲۵ تا ۳۹ و ریزش‌های با خطر متوسـط به صـورت پراکنده به‌ویژه در ابتدای مسیر آزادراه واقع شده‌اند.

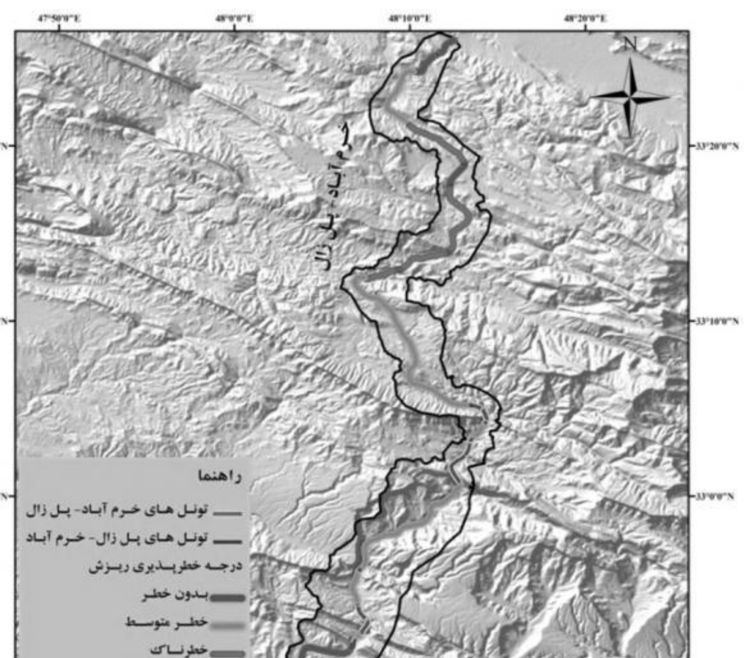


شکل ۱۱. رتبه‌بندی درجه خطر ریزش‌های شناسایی شده در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال

طبقه‌بندی مسیر آزادراه ازنظر خطر ریزش

با توجه به اندازه گیری‌های انجام شده بر روی سطوح ریز شی طول مسیر و به‌ویژه ارتفاع ریزش نسبت به سطح جاده و حداقل و حداکثر طول ریزش‌ها، یک حریم ۱۰ متری در دو سمت جاده جهت تهیه نقشه خطر ریزش در نظر گرفته شد. سپس با توجه به فاکتورهای اندازه گیری شده (جداول ۳ و ٤) و برر سی طول م سیر آزادراه، نق شه خطر ریزش مسیر تهیه و ترسیم شد (شکل ۱۲).

بر اساس نقشه خطر ریزش، مسیر آزادراه به ۷ بخش و در سه طبقه بدون خطر، خطر متوسط و خطرناک تقسیم شده ا ست. بخش بدون خطر ۱۷/۲ کیلومتر، بخش با خطر متو سط ٦٣/۱ کیلومتر و بخش خطرناک ۲۳/۷ کیلومتر را شامل می شود. بخش خطرناک از کیلومتر ۱۳ تا ۱۹/۵ و ۲۲ تا ۳۹/۲، بخش بدون خطر از ابتدای م سیر تا کیلومتر ٦، کیلومتر ۱۹/۸ تا ۲۳ و ۹٦ تا ۱۰٤ را در بر گرفته ا ست. سایر قسمت‌ها که بیشتر مسیر آزادراه را شامل می شود، در طبقه با خطر متو سط قرار دارند. لازم به ذکر ا ست که در تهیه نق شه خطر ریزش، فقط ریزش‌های تهدید کننده جاده در نظر گرفته شده‌اند. وگرنه ممکن ا ست در طبقه بدون خطر نیز ریزش‌هایی وجود دا شته با شد، اما چون یا حجم آن‌ها بسیار کوچک بوده و یا در فاصله دور از جاده قرار دارند، بنابراین در محدوده بدون خطر قرار گرفته‌اند. هم چنین موقعیت تونل‌های هم پوشانی شده بر روی نقشه خطر ریزش بیانگر این است که فقط دهانه ورودی و خروجی تونل‌ها با توجه به اینکه در کدام طبقه خطر واقع شده‌اند، در بحث خطر ریزش مد نظر قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که تونل‌ها عمدتاً در طبقه با خطر متوسط و بدون خطر قرار دارند.



شکل ١٤. درجه خطرپذیری مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال ازنظر خطر ریزش‌های تهدید کننده مسیر جاده

٥. نتیجه‌گیری

در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال دو نوع مخاطره طبیعی وجود دارد که تهدیدی جدی برای مسیر ۱۰٤ کیلومتری آزادراه و هم چنین سازه‌هایی مانند تونل‌ها، دکل‌های برق و ... هستند. بر اساس مطالعات میدانی در طول مسیر،

رخداد زمین‌لغزش و ریزش سنگ‌ها مشاهده می‌شود که حاکی از عدم توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی در مسیریابی آزادراه می‌باشد. درصورتی‌که توجه به شکل‌ها و پدیده‌های زمین‌شناسی فعال مانند زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌ها از دیدگاه پدافند غیرعامل ضروری است؛ زیرا رخداد هر یک از این مخاطرات، علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، می‌تواند در صورت رخداد حوادث طبیعی و یا انسانی باعث عدم امدادرسانی به موقع به حادثه دیدگان و قطع ارتباط با مناطق اطراف شود؛ بنابراین توجه به ویژگی‌های زمین شناسی در مسیریابی راه‌های ارتباطی و مکان‌یابی سازه‌ها و ابنیه‌های طول مسیر باید مد نظر قرار گیرد.

بر اساس مشاهدات میدانی، ۲۱ پهنه لغزشی فعال و ناپایدار در طول مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال وجود دارد که هر ساله به‌ویژه در فصل زمستان و اوایل بهار باعث مسدود شدن مسیر می‌شوند. زمین‌لغزش‌ها عمدتاً در سازندهای مارنی و شیلی مسیر اتفاق می‌افتند؛ اما عملیات راه‌سازی که با حفر ترانشه ها همراه بوده، سبب شده است که دامنه‌ها ناپایدار شده و با نفوذ آب باران به داخل سازندهای سست و فرسایش پذیر به آسانی به سمت پایین حرکت کرده و در نتیجه باعث تخریب مسیر آزادراه و سازه‌های اطراف شوند؛ بنابراین ویژگی‌های زمین شناسی و یا به‌عبارت‌دیگر واحدهای سنگ‌شناسی مهم‌ترین عامل رخداد زمین‌لغزش‌های مسیر آزادراه می‌باشند.

بررسی و پهنه‌بندی طول مسیر ازنظر رخداد زمین‌لغزش بیانگر این است که در دو بخش مسیر آزادراه زمین‌لغزش‌ها دارای فراوانی و تراکم بیشتری هستند که همین باعث شده در طبقه خطرناک ازنظر زمین‌لغزش تلقی شوند. طول بخش‌های فعال و خطرناک ازنظر زمین‌لغزش، ۴۲/۵ کیلومتر می‌باشد. هم چنین اولویت‌بندی ۲۱ پهنه لغزشی فعال بر اساس پارامترهایی مانند حجم زمین‌لغزش، وجود ترانشه های پلکانی در بالادست پهنه لغزشی، وجود دیواره‌های حائل در مسیر توده‌های لغزشی و ... نشان دهنده این است که ۱۱ زمین‌لغزش دارای خطر بیشتری نسبت به سایر زمین‌لغزش‌ها بوده و لازم است توجه بیشتری با راهکارها و روش‌های مختلف به این زمین‌لغزش‌ها جهت جلوگیری از وارد کردن خسارت به مسیر جاده شود. هم چنین از سازه‌ها و ابنیه‌هایی که تا به حال به وسیله زمین‌لغزش‌ها کار آیی خود را از دست داده‌اند می‌توان به تیرها و دکل‌های برق و هم چنین دیوارهای حائل و بلوک‌های سیمانی در طول مسیر اشاره نمود.

از دیگر مخاطرات طول مسیر آزادراه، وجود سطوح ریزشی و یا به عبارتی ریزش‌های سنگی فعال با دامنه‌های ناپایدار در طول مسیر می‌باشد. بر اساس مطالعات میدانی و مشاهده ۳۰ سطح ریزشی که تهدیدی جدی برای مسیر جاده می‌باشند، طول مسیر به ۷ بخش تقسیم گردید. ۳ بخش بدون خطر، ۲ بخش دارای خطر متوسط و ۲ بخش خطرناک تشخیص داده شدند. بر همین اساس، ۱۷/۲ کیلومتر از مسیر آزادراه در پهنه بدون خطر، ۶۳/۱ کیلومتر با خطر متوسط و ۲۳/۷ کیلومتر در بخش خطرناک قرار دارند. بررسی عوامل مؤثر در رخداد ریزش‌ها نشان می‌دهد که همانند زمین‌لغزش‌ها ویژگی‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی نقش اصلی را در رخداد این مخاطره دارند. به عبارتی،

با توجه به اینکه در برخی از نقاط رخداد ریزش و لغزش همراه یکدیگر و یا بعضاً در کنار یکدیگر دیده می‌شوند، بنابراین عامل اصلی رخداد آن‌ها نیز یکی می‌باشد. الویت بندی ۳۰ سطح ریزشی مخاطره‌آمیز مسیر آزادراه که بر اساس عوامل همانند نوع حرکت، بستر، حداقل و حداکثر طول ریزش، ارتفاع ریزش و... انجام گرفته است، نشان می‌دهد که ٦ نقطه دارای خطر خیلی زیاد، ۱۸ نقطه دارای خطر زیاد و ٦ نقطه دارای خطر متوسط می‌باشند؛ بنابراین ٢٤ سطح ریزش دارای مخاطره بالفعل برای مسیر جاده می‌باشند. ارزیابی تونل‌ها، محل‌های توقف و راه‌های جایگزین که از موارد ضروری احداث آزادراه‌ها از دیدگاه پدافند غیرعامل هستند، بیانگر این است که در طول مسیر با وجود محل‌های توقف در نظر گرفته شده که پراکنش به نسبه مناسبی دارند، در صورت وقوع بحران امکان توقف در حاشیه جاده و به‌ویژه در محل حفر ترانشه ها وجود دارد. در صورتی‌که وسایل نقلیه به دلیل نقص فنی و یا هر دلیل دیگری مجبور به توقف در تونل‌ها شوند، به دلیل در نظر نگرفتن محل توقف امکان پذیر نیست. هم چنین به دلیل نبود معبر و یا منفذی برای تهویه هوای تونل‌ها، تهویه هوا به آسانی صورت نمی‌گیرد، زیرا دهانه ورودی و خروجی تونل‌ها معبر تهویه هوا است. به همین دلیل در صورت توقف اجباری در تونل‌ها و یا استفاده از آن‌ها به عنوان پناهگاه در مواقع بحرانی مانند حمله دشمن، تهویه هوای تونل‌ها با مشکل مواجه است. ازنظر راه‌های جایگزین، مسیر خرم‌آباد– پلدختر اولویت اصلی است که در صورت مسدود شدن مسیر آزادراه و یا هر دلیل دیگری، از این مسیر به عنوان جایگزین استفاده می‌شود. اگر چه مسیر خرم‌آباد– پلدختر نیز با مخاطراتی مانند خطر ریزش سنگ و بعضاً سیلاب‌های ویرانگر رودخانه کشکان نیز مواجه است.

جمع بندی نتایج نشان می‌دهد که بررسی مسیر آزادراه خرم‌آباد–پل زال از دیدگاه پدافند غیرعامل دارای وضعیت مطلوبی نیست که دلیل اصلی آن، عدم توجه به ویژگی‌های زمین شناسی در طراحی مسیر آزادراه می‌باشد. نادیده گرفتن ویژگی‌های زمین‌شناسی سبب شده که مخاطراتی مانند زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌های فعال، باعث مسدود شدن و تخریب مسیر آزادراه سازه‌های اطراف آن شوند.

با توجه به اینکه ناپایداری‌های دامنه‌ای مسیر آزادراه اغلب در اثر حفر ترانشه ها و ناپایدار کردن دامنه‌ها رخ می‌دهند، در زیر چند راهکار جهت جلوگیری از رخداد آن‌ها در مناطق مستعد و مهار کردن زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌های فعال ارائه شده است.

– در بالادست پهنه‌های لغزشی و ریزشی فعال، ترانشه های پلکانی یا سکوهای دامنه‌ای احداث شود.

– دیواره‌های حائل با ارتفاع بیشتر از دیواره‌های موجود طراحی و ساخته شوند تا بتوانند کار آیی مناسب‌تری داشته باشند.

– تخته سنگ‌های بزرگ از روی دامنه‌های مسلط به جاده که بعضاً باعث تخریب سازه‌های حاشیه جاده نیز شده‌اند، به مناطق اطراف و یا حاشیه جاده انتقال داده شوند.

– عبور تأسیسات و به‌ویژه خطوط انتقال نیرو مانند دکل‌ها و تیرهای برق در حریم جاده ممنوع شود.

– از تحریک دامنه‌های فعال و مسلط به جاده با استفاده از وسایل مکانیکی مانند لودر، بولدوزر و ... جلوگیری شود.

کتابنامه

برنافر، مهدی؛ افرادی، کاظم؛ ۱۳۹۳. اولویت بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیر عامل. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی). شماره ۳۲. صفحات ۱٦۱–۱۷۹.

بوذری، سهیلا؛ ۱۳۸۸. زمین‌شناسی و کاربرد آن در پدافند غیرعامل، فصلنامه زمین. سال دوم. شماره ۲. صفحات ۱–۱۰.

بیگدلو، مهدی؛ ۱۳۹۰. تأثیر پدافند غیرعامل بر قدرت نرم جمهوری اسلامی ایران. فصلنامه راهبرد دفاعی. سال نهم. شماره ۳٤. صفحات ۱٤۵–۱۷۹.

پاینده، نصراله؛ ۱۳۸٤. پهنه‌بندی دمای مؤثر در سطح کشور با تأکید بر جغرافیای نظامی. رساله دکتری. گرایش اقلیم‌شناسی. استاد راهنما: محمدرضا کاویانی– حسنعلی غیور. دانشگاه اصفهان.

حسنی، حسین؛ قلی نژاد، محمدرضا؛ تهرانی مقدس، سیاوش؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر سقوط سنگ در دامنه‌های مشرف به مسیر خط راه آهن لرستان با استفاده از GIS. نشریه امیرکبیر(مهندسی عمران و محیط زیست). دوره ٤۵. شماره ۲. صفحات ۹۷–۱۰٤.

حسینی، سید احمد؛ ۱۳۹۱. نقش شبکه‌های ارتباطی در توزیع کاربری‌ها با رویکرد پدافند غیر عامل (مطالعه موردی: منطقه سه تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: محسن احدنژاد روشتی– مهدی مدیری. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه زنجان. ۱۲۱ صفحه.

رجبی، محمدرضا؛ گلمهر، احسان؛ مجیدی، داود؛ رستگار، عبدالمطلب؛ ۱۳۹۰. الگوی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق آبی با رویکرد پدافند غیرعامل و با بهره گیری از Topsis: مطالعه موردی: استان اصفهان. مجله علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل. سال دوم. شماره ٤. صفحات ۳۱۵–۳۲٤.

ریاضی، برهان؛ کرمی، نعمت اله؛ کرمی، محمود؛ هوشیاردل، بنفشه؛ ۱۳۸۵. بررسی اثرات حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی بر حیات وحش جانوری و ارائه رهنمودهای لازم. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۳. صفحات ۵۳–٦۰.

صفاری، امیر؛ اخدر، آرش؛ ۱۳۹۱. مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی :جاده ارتباطی مریوان -سنندج). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ٤. صفحات ۷۹–۹٦.

فلاح تبار، نصرالله؛ ۱۳۷۹. تأثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راههای کشور. مجله پژوهش‌های جغرافیائی. شماره ۳۸. صفحات ٤۷–۵۵.

کرباسیان، مهدی؛ فرهمند، عبدالامیر؛ ۱۳۹۱. ارائه یک الگو برای جانمایی و چیدمان داخلی یک بندر فرضی با ملاحظات پدافند غیرعامل. نشریه علوم و فناوری پدافند نوین (علوم و فناوری‌های پدافند غیر عامل). شماره ۳. صفحات ۲۲۳-۲۳۰.

مدلل دوست، سعید؛ اولادزاده، سارا؛ میثاقی، سید محمود؛ ۱۳۹۲. مدل‌سازی مسیر سنگ ریزش و پهنه‌بندی خطر آن در محیط GIS (مورد: محور هراز، دامنه امامزاده علی -آمل). فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ۳۲. صفحات ۱۰۳-۱۲٦.

ممدوحی، امیر رضا؛ مسعودی، محمد مصطفی؛ ماهپور، علیرضا؛ نوروز علیائی، محمد حسین؛ پوریاری، مقصود؛ ۱۳۹۲. برآورد ظرفیت راه در زمان وقوع بحران با استفاده از شبیه سازی گلوگاه ترافیک. فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل. سال چهارم. شماره سوم. صفحات ۲٦۳-۲۷۳.

یمانی، مجتبی؛ شمسی پور، علی اکبر؛ گورابی، ابوالقاسم؛ رحمتی، مریم؛ ۱۳۹۳. تعیین مرز پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در مسیر آزادراه خرم‌آباد- پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی -فازی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۳۲. صفحات ۲۷-٤٤.

یمانی، مجتبی؛ شیرزادی، هیوا؛ باخویشی، کاوه؛ ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی جاده جدید سنندج -مریوان و پهنه‌بندی ناپایداری-های دامنه‌ای. مجله آمایش جغرافیایی فضا. شماره اول. صفحات ۱۰۳-۱۲۱.

Dalziell, E., & Nicholson, A., 2001. *Risk and Impact of Natural Hazards on a Road Network*. Journal of Transportation Engineering, 127, 159-166.

Jaiswal, P., Van.Westen, C. J., & Jetten, V., 2010. *Quantitative assessment of direct and indirect landslide risk along transportation lines in southern India*. Natural Hazards and Earth System Science, 10, 1253–1267.

Karagyozov, K., 2012. *Impact of Natural Disasters on Transport Systems – Case Studies from Bulgaria.* Report from the International Panel of the WEATHER project funded by the European Commission's 7th framework programme, Sofia, 1-69.

Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Guzzetti, F., & Salvati, P., 2003. *landslide events and their impact on the transportation network in the Umbria region, central Italy*. Proceedings of the 4th EGS Plinius Conference held at Mallorca, Spain, 1-4.